فصلنامه علوم تکثیر و آبزی‌پروری/ سال دوم/ شماره سوم/ تابستان ۹۳/ صفحات ۲۴-۱۱

تعیین شاخص خطر(*HQ*) مس در عضله چهارگونه ماهی کپور پرورشی در استان خوزستان

آفرین رستمی‌یار[۱]، ابوالفضل عسکری ساری[۲*]

چکیده

هدف از انجام این تحقیق بررسی میزان و ارزیابی خطر (*HQ*) مس در عضله کپور ماهیان پرورشی کپورمعمولی(*Cyprinus carpio*)، آمور یا کپور علفخوار (*Ctenopharyngoodon idellus*)، بیگ هد یا کپور سرگنده (*Hypophthalmichthys nobilis*) و فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys moltirix*)] در استان خوزستان می باشد. تعداد ۱۰۸ عدد ماهیان پرورشی از مراکز پرورش ماهی آزادگان، شوش و شهید احمدیان خرمشهر در سال۱۳۹۳ نمونه‌برداری شدند. غلظت مس از روش هضم مرطوب و با کمک دستگاه جذب اتمی Perkin Elmer 4100 اندازه گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد بالاترین میزان مس در ماهیان پرورشی مورد مطالعه مربوط به ماهی بیگ هد (۰/۸۳ میکروگرم بر گرم وزن تر) بود که با میزان مس در عضله کپور معمولی و فیتوفاگ اختلاف معنادار($p<0.05$) داشت. کمترین میزان مس مربوط به فیتوفاگ (۰/۶۸ میکروگرم بر گرم وزن تر) بود که با بیگ هد اختلاف معناداری ($p<0.05$) داشت. ارزیابی خطر(*HQ*) باتوجه به سرانه مصرف در تمامی گونه‌های مورد تحقیق کمتر از۰/۱ اندازه‌گیری شد که بیانگر این نکته است که مصرف این گونه‌ها هیچ خطری از نظر میزان مس برای مصرف انسان ندارد.

کلید واژه: شاخص خطر، مس، ماهیان پرورشی، *HQ*.

۱. گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه ازاد اسلامی، اهواز، ایران askary_sary@yahoo.com

۱- مقدمه

اکوسیستم‌های آبی دریافت‌کننده‌ی مواد بسیاری، از جمله فلزات سنگین می‌باشند. فلزات سنگین به گروهی از عناصر شیمیایی با وزن اتمی زیاد و دانسیته ی بیش از ۵ گرم بر سانتی مترمکعب اتلاق می-شود(Fernandez and Olalla, 2000). فلزات سنگین با توجه به نقشی که در روندهای بیولوژیکی دارند به عنوان میکرونوترینتها (آهن، روی، مس، کبالت و...) و یا یک عامل سمی و غیر ضروری (جیوه، کادمیوم، سرب) مورد توجه می‌باشند (صادقی راد و امینی رنجبر، ۱۳۸۴). فلزات ضروری نیز هنگامی که بیش از میزان مورد نیاز جذب شوند، می‌توانند سمی باشند (Rietzler et al., 2001).

نمونه‌های ماهی، یکی از شاخص‌ترین عوامل جهت تخمین و اندازه گیری میزان آلودگی و آثار آن در سیستم‌های آبی است (Cinier et al., 1999; Rashed, 2001; Has-Schon et al., 2006). غلظت فلزات سنگین در بافتهای ماهی نشانگر میزان تماس ماهی با چنین فلزاتی در گذشته و اکنون است (Canli et al., 1998; Henry et al., 2004; Yilmaz, 2003). درجه آلودگی، به نوع مواد آلوده‌کننده، گونه ماهی، مکان نمونه‌برداری، سطح تغذیه و شیوه تغذیه ماهی بستگی دارد(Eisler, 1988; Clark et al., 1997; Asuquo et al., 1999; Asuquo et al., 2004).

فلز مس از طریق جریان رودخانه ها، صنایع و فعالیت‌های بومی، کاربردهای کشاورزی، سیستم‌های زهکشی معادن مس و رنگ‌کاری های ضد خزه، به محیط زیست آبی وارد می‌شوند(Sirinivasan and Swain, 2007). مسمومیت ماهیان با مس منجر به آسیب سیستم عصبی، تنفسی، کبد و سیستم ایمنی ماهیان می‌شود (روحانی، ۱۳۷۴). از دیگر اثرات مسمومیت با مس به تعویق افتادن تکامل جنسی و کاهش تولید تخم در ماهیان بالغ است. در حالی که در جنین‌ها کاهش تفریخ اولین پیامد آن است، علاوه بر آن تفریخ نابهنگام، افزایش زمان تفریخ، باله های سینه ای بد شکل و قدرت بقای پایین نیز در مسمومیت با مس دیده می‌شود (Olsson, 1998).

مس یک عنصر ضروری در متابولیسم انسان به ویژه آزادسازی آهن، رشد استخوان و سیستم عصبی مرکزی است (عسکری ساری و همکاران، ۱۳۸۹). سطوح بالای مس در انسان منجر به افزایش سرعت تشکیل رادیکال‌های آزاد (Gwozdzins, 1995)، تراتوژن (Stouthart et al., 1996) و ناهنجاری‌های کروموزومی خواهد شد (Bhunya and Pati, 1987; Fahmy, 2000).

در سراسر جهان، مردم حدود یک چهارم از پروتئین حیوانی مورد نیاز را از ماهی و سخت‌پوستان به دست می‌آورند (Bahnasawy et al., 2009). میزان سرانه‌ی مصرف آبزیان در جهان ۱۹/۲ کیلوگرم می-باشد (FAO, 2013). سرانه‌ی مصرف انواع آبزیان در ایران نیز از ۱ کیلوگرم در سال ۱۳۵۷ به ۸/۵ کیلوگرم در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است (سالنامه‌ی آماری شیلات ایران، ۱۳۹۲).

در مورد مقایسه غلظت فلزات سنگین با استانداردهای موجود، هیچ منبع واحدی وجود ندارد و سازمان‌ها و دولت‌های مختلف، استانداردهای متنوعی برای غلظت این آلاینده‌ها در مواد غذایی تعیین کرده‌اند. سازمان FAO این مقدار استاندارد را برای فلز مس ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم(Chen and Chen, 2001) و WHO این استاندارد را ۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم اعلام کرده‌است(WHO, 1996). JECF(Expert Committee on Food Additives) برای ارزیابی خطر آلودگی مس با مصرف ماهی، مقایسه مقدار تقریبی جذب هفتگی(*EWI*)، با مقدار جذب قابل تحمل هفتگی(*PTWI*) را توصیه می کند. طبق دستور العمل JECFA، مقدار *PTWI* برای مس۳۵۰ میکرو گرم بر کیلوگرم وزن در هفته یا ۵۰ میکرو گرم بر کیلوگرم وزن در روز می باشد(JECFA, 2003). با توجه به سرانه مصرف متفاوت در کشورهای مختلف وحتی در مناطق مختلف یک کشور، ارزیابی شاخص خطر که در حقیقت سمی یا غیر سمی بودن یک عنصر با توجه به سرانه مصرف از آن ماهی و وزن میانگین انسانی می‌باشد، به عنوان شاخص معتبر مورد توجه قرار گرفته است. مقدار *HQ* (Hazard Quotient) بر اساس گزارش(US-EPA, 2000)، نسبت بین قرار گرفتن در معرض فلز سنگین ودوز مرجع را نشان می دهد. فرض بر این است که دوز مصرف با دوز جذب فلز سنگین برابر است و پختن هیچ تاثیری بر مقدار آلاینده ندارد(Chein et al., 2002). اگر *HQ*<۰/۱ باشد مصرف آبزی هیچ خطری برای سلامتی انسان ندارد و چنانچه *HQ* محاسبه شده ۱/۰-۰/۱ بود به معنای خطر کم و در صورتی که ۱۰-۱/۱ باشد خطر متوسط و در نهایت *HQ*>۱۰ به مفهوم خطر زیاد برای سلامتی مصرف کننده است (Lemly, 1996). در ایران از ۳۳۸۸۷۷ تن تولیدات آبزی پروری در سال ۹۱، مقدار ۱۵۴۵۶۵ تن متعلق به پرورش ماهیان گرمابی بوده که عمده‌ترین آنها کپور ماهیان می‌باشند (سالنامه ی آماری شیلات، ۱۳۹۲). کپور معمولی(*Cyprinus carpio*) همه چیز خوار و عمدتا کفزی خوار می‌باشد. بیگ هد یا کپور سرگنده (*Hypophthalmichthys nobilis*) از ستون آب و آلگهای درشت ترو پلانکتون جانوری و فیتوفاگ یا کپور نقره ای(*Hypophthalmichthys moltirix*) از فیتوپلانکتونها تغذیه می‌کند. آمور یا کپور علفخوار (*Ctenopharyngoodon idellus*) نیز گیاهخوار است(فرید پاک، ۱۳۸۶). کپور نقره ای با میزان تولید ۵۳۴۹۵۸۸ تن، رتبه ی اول، آمور با ۴۵۷۴۶۷۳ تن رتبه ی دوم، کپور معمولی دارای رتبه ی سوم با تولید ۳۷۳۳۴۱۸ تن و کپور سرگنده با تولید ۲۷۰۵۴۳۶ تن رتبه ی هفتم تولید در جهان را دارد(FAO, 2013).

اطلاعات در زمینه شناسایی دقیق گونه ها، محل جمع آوری، سطوح مجاز آلاینده ها در ماهیهای مناطق مختلف از جهان می‌تواند به مردم اجازه دهد که تصمیمات آگاهانه بگیرند که با مصرف ماهیان مناسب کمترین مقدار فلزات را به بدن برسانند(Mc Donald et al., 2000). از آنجایی که بافت عضله ماهی بیشترین قسمتی است که توسط انسان به عنوان غذا مصرف می‌شود، بنابراین برای ارزیابی و مشخص کردن غلظت های آلوده کننده از همین بافت استفاده می‌شود(Ashraf, 2005). با توجه به ارزش

اقتصادی و تمایل مصرف‌کنندگان به مصرف گونه‌های انتخابی، هدف از این مطالعه به دست‌آوردن اطلاعات کمی فلز مس و مشخص‌نمودن HQ در گونه‌های ذکر شده جهت اطمینان مصرف از این گونه‌ها می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری ماهیان مورد بررسی در بهار ۱۳۹۳ انجام شد. از هر یک از سه مجتمع پرورشی آزادگان، شهیداحمدیان خرمشهر و شوش، از هر گونه ماهیان پرورشی تعداد ۹ عدد از هر گونه تهیه گردید (در مجموع ۱۰۸ نمونه ماهی، نمونه‌برداری شد).

پس از انتقال نمونه‌های ماهی به آزمایشگاه کلیه نمونه‌ها با آب کاملا شستشو شد. پس از گذشت زمان کافی جهت خروج آب اضافه، کلیه نمونه‌ها کد گذاری شد و سپس مورد بیومتری قرار گرفتند. طول کل و وزن کل ماهی توسط تخته بیومتری با دقت ۱ میلی‌متری و ترازوی دیجیتال با دقت۰/۰۱ گرم اندازه-گیری شد. پیش از استفاده از تخته بیومتری و ترازوی دیجیتال تمام سطوح فلزی آنها که در تماس با ماهی بودند توسط ورقه‌های پلاستیکی پوشانیده شد(Biswas,1991).

پس از این مرحله جداسازی بافت عضله توسط تیغه‌ای از جنس استیل صورت گرفت. برای برداشت بافت عضله از قسمتی از عضله در بخش بالایی بدن (زیر باله پشتی) استفاده شد. بافت‌های به دست‌آمده جداگانه بسته‌بندی و نامگذاری شده و به صورت منجمد به آزمایشگاه ارسال گردید.

نمونه‌های مربوط به هر گونه از هر منطقه جداگانه به صورت دسته‌های سه‌تایی با هم مخلوط شده و به این ترتیب سه نمونه مرکب برای هر کدام به دست آمد (MOOPAM, 1999). ابتدا ۱۰ گرم از بافت‌های به دست‌آمده پس از توزین در پتری دیش (شیشه ساعت) قرار گرفتند تا در مرحله بعد برای خشک‌کردن در آون قرار گیرند. برای هضم نمونه‌ها از روش مرطوب استفاده شد. نمونه خشک شده در یک بالن ۲۵۰ سی سی ریخته شده و به آن ۲۵ سی سی اسید سولفوریک غلیظ، ۲۰ سی‌سی اسید نیتریک ۷ مولار و ۱ سی‌سی محلول مولیبدات سدیم ۲ درصد اضافه شد و چند عدد سنگ جوش برای اینکه جوش به طور منظم و یکنواخت صورت گیرد قرار داده شد. بالن را به یک مبرد مجهز نموده و مخلوط به مدت یک ساعت در حالیکه عمل رفلاکس انجام می‌شود توسط اجاق برقی (Heating Mantle) در زیر هود حرارت داده شد، سپس نمونه سرد شده و از بالای مبرد به آرامی ۲۰ سی‌سی مخلوط اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ به نسبت ۱:۱ اضافه شد و در حالی‌که جریان آب سرد قطع شد، مخلوط حرارت داده شد تا بخارات سفید رنگ اسید به طور کامل محو شود، مخلوط سرد شد و در حالیکه بالن چرخانده می‌شد، ۱۰ سی‌سی آب مقطر از بالای مبرد به آرامی به آن اضافه شد. با حرارت دادن (حدود

۱۰۰ دقیقه) محلول کاملا" شفافی به دست آمد، این محلول پس از سرد شدن به داخل بالن ژوژه ۱۰۰سی-سی انتقال داده و به حجم رسانده شد(Farkas et al., 2000).

جهت اندازه گیری مس ابتدا به ۱۰ میلی لیتر محلول هضم شده نمونه‌ها ، ۵ میلی لیتر محلول آمونیوم پیرولیدین کاربامات۵٪ اضافه شده و به مدت ۲۰ دقیقه نمونه‌ها شیکر گردیده تا عناصر به صورت فرم آلی فلزی در محلول کمپلکس شوند و سپس به نمونه‌ها ۲ میلی لیتر متیل ایزو بوتیل کتون اضافه شده و به مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها شیکر می‌شوند و پس از ۱۰ دقیقه نمونه‌ها در دور ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شده تا عناصر مورد نظر به فاز آلی منتقل گردند.

پس از تنظیم کوره و سیستم EDL دستگاه و اپتیمم کردن دستگاه جذب اتمی مدل PERKINELMER 4100 منحنی کالیبراسیون این عناصر به کمک استانداردهای این عناصر و مادیریکس مودیفایر پلادیم توسط نرم افزار Win Lab 32 رسم گردیده و مقدار این عناصر در محلول-های آماده‌شده اندازه‌گیری گردید.

محاسبه *EDI* (Estimated Daily intake) و *HQ*(Hazard Queotint):

EDI (Estimated Daily intake): *EDI* میزان جذب مس در بدن در روز از طریق مصرف آبزی مورد نظراست بر حسب میکروگرم به کیلوگرم وزن بدن در روز که این مقدار از طریق رابطه ی زیر به دست می‌آید(Shao et al,. 2011).

فرمول شماره۱: $EDI=[(EF.\ ED.\ IF.\ MC)\ /\ BW.\ AT)$

بدیهی است که برای به دست آوردن مقدار میزان جذب هفتگی *EWI*(Estimated Weekly intake) می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

رابطه ی شماره ی ۲: $EWI=EDI\ .7$

مقدار *HQ* یا ارزیابی ریسک خطر(بدون واحد) از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود(Chien et al,. 2002؛US-EPA,2000؛Awadallah et al., 1985):

فرمول شماره۳: $HQ=[(EF.\ ED.\ IF.\ MC)\ /\ RfDo.\ BW.\ AT)$

مفروضات برای محاسبه *HQ* و*EDI* در جدول ۱ آمده است:

جدول۱. مفروضات برای محاسبه *HQ* و *EDI*

منابع	مفروضات برای محاسبه *HQ* و *EDI*
سالنامه‌ی آماری شیلات ایران، ۱۳۹۲	نرخ مصرف روزانه‌ی غذای دریایی در منطقه‌ی مورد مطالعه (ماهی ۳۰ گرم در روز)=*IF* (fish ingestion)
میانگین فلز اندازه‌گیری شده	میانگین غلظت مس اندازه‌گیری شده در بافت خوراکی آبزی (میکروگرم بر گرم در وزن تر)=*MC* (metal concentration in fish)
حسینی و همکاران، ۱۳۸۹	وزن بدن (۷۰ کیلوگرم برای یک فرد بالغ)=*BW* (average adult body weight)
US-EPA, 2009	دوز مرجع خوراکی (برای فلز مس ۴۰ میکروگرم به کیلوگرم وزن بدن در روز) =*RFDO* (oral reference dose)
Chien et al,. 2002	پختن تاثیری بر دوز آلوده کننده ندارد
-	فراوانی در معرض قرار گرفتن(۳۶۵ روز در سال)=*EF* (exposure frequency)
United Nations, 2007	مدت زمان در معرض قرار گرفتن(میانگین عمر در ایران ۷۳ سال) (exposure duration) =*ED*
Wang et al,. 2005	درمیانگین زمانی برای شرایط غیر سرطانزا با (*EF*. *ED*) مساوی می باشد=*AT* (averaging time)

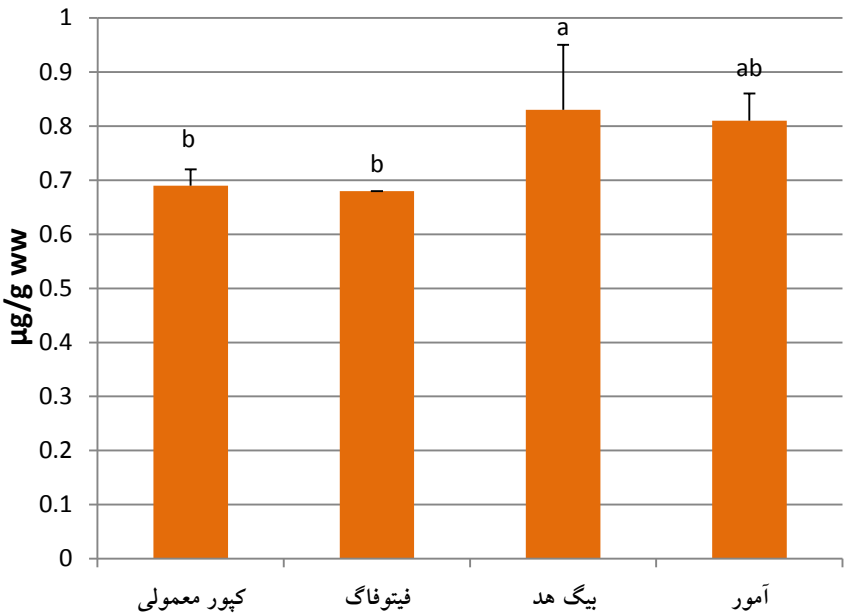
۳- نتایج

اطلاعات بیومتری به دست آمده از نمونه‌های این تحقیق در جدول۲ آمده است.

جدول۲. بیومتری ماهیان مورد مطالعه

نام ماهی	تعداد	وزن کل(گرم)	طول کل(سانتیمتر)	طول استاندارد(سانتیمتر)
کپور معمولی	۲۷	۹۱۶±۱۷۰/۹۹	۴۰/۱۱±۳/۶۸	۳۳/۸۳±۲/۶۱
فیتوفاگ	۲۷	۱۱۲۷/۲۰±۴۴۹/۱۱	۴۷/۷۷±۲/۲۹	۴۰/۷۷±۲/۱۵
بیگ هد	۲۷	۱۳۱۹/۹۰±۵۴۳/۸۹	۴۵/۸۸±۷/۳۷	۳۹/۲۲±۶/۲۸
آمور	۲۷	۱۲۹۰/۱۰±۳۳۶/۷۰	۴۳/۵۵±۴/۵۷	۳۸/۰۵±۴/۴۰

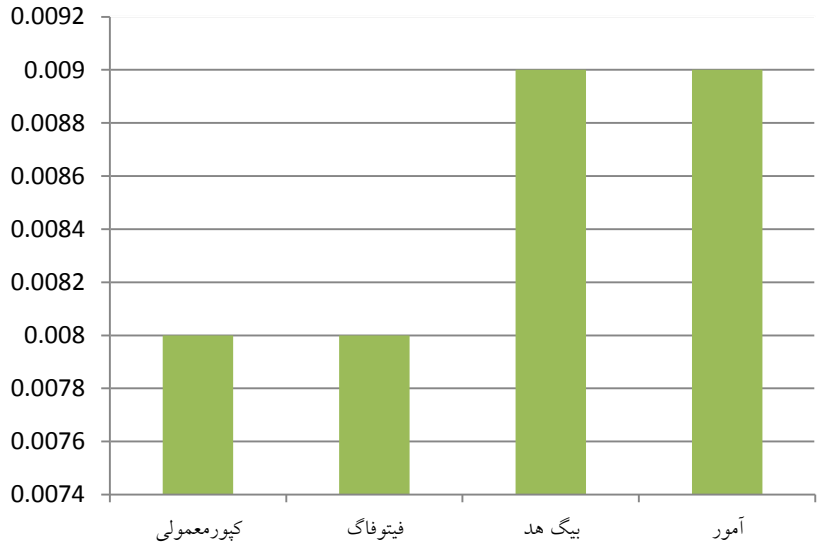
در این مطالعه بالاترین میزان مس در ماهیان پرورشی مورد مطالعه مربوط به ماهی بیگ هد بود(۰/۸۳ میکروگرم بر گرم وزن تر) که با میزان مس در عضله کپور معمولی و فیتوفاگ اختلاف معنادار ($p<0.05$) و با آمور اختلاف معناداری ($p\geq0.05$) نداشت. کمترین میزان مس در عضله ماهیان پرورشی مورد نظر مربوط به فیتوفاگ بود (۰/۶۸ میکروگرم بر گرم وزن تر) داشت که با آمور و کپور معمولی اختلاف معناداری($p\geq0.05$) نداشت و با بیگ هد اختلاف معناداری($p<0.05$) داشت. نتایج مربوط به میزان مس عضله ماهیان پرورشی مورد مطالعه در نمودار ۱ آمده است.



همنام غیر معنی دار($p\geq0.05$)، غیر همنام معنی دار($p<0.05$)

نمودار ۱. مقایسه ی میزان مس در عضله ماهیان پرورشی مورد مطالعه

نتیجه‌ی ارزیابی خطر مس در ماهیان پرورشی مورد مطالعه نشان می‌دهد که از بین ماهیان پرورشی مورد تحقیق، بیشترین مقدار HQ مربوط به آمور و بیگ هد(۰/۰۰۹) و کمترین مربوط به کپور معمولی و فیتوفاگ(۰/۰۰۸) می‌باشد. نتایج HQ مس ماهیان پرورشی مورد مطالعه در نمودار۲ آمده است.



نمودار۲. میزان *HQ* مس در ماهیان پرورشی مورد مطالعه

بیشترین میزان جذب روزانه(*EDI*) و به تبع آن جذب هفتگی(*EWI*) مربوط به ماهی بیگ هد و کمترین این مقادیر مربوط به فیتوفاگ و کپور معمولی بود. سایر نتایج مربوط به ارزیابی خطر و میزان جذب روزانه و هفتگی مس در جدول ۳ آمده است.

جدول۳. میزان *HQ-EDI-EWI* مس در گونه‌های مورد مطالعه

گونه	میانگین مس در عضله µg/g wet weight	*EDI* µg/kg bw/day	*EWI* µg/kg bw/week	*HQ*
کپور معمولی	۰/۶۹	۰/۳۰	۲/۱۰	۰/۰۰۸
فیتو فاگ	۰/۶۸	۰/۳۰	۲/۱۰	۰/۰۰۸
بیگ هد	۰/۸۳	۰/۳۶	۲/۵۲	۰/۰۰۹
آمور	۰/۸۱	۰/۳۵	۲/۴۵	۰/۰۰۹

۴- بحث و نتیجه‌گیری

بالاترین میزان مس در ماهیان پرورشی مورد مطالعه مربوط به ماهی بیگ هد بود که با میزان مس در عضله کپور معمولی و فیتوفاگ اختلاف معنادار($p<0.05$) و با آمور اختلاف معناداری($p\geq0.05$) نداشت. به طور کلی تفاوت غلظت فلزات در ماهی ممکن است به فاکتورهای زیادی از قبیل تغذیه، زیستگاه، فعالیت متابولیکی و رفتار گونه ها مربوط باشد(Erdogral and Ates., 2006). علت بالا بودن غلظت مس در عضله ماهی بیگ هد احتمالا به علت تغذیه از پلانکتون های جانوری و فعالیت شدید متابولیسمی این ماهی بر می‌گردد. طبق گزارش Krishnamurti and Nair در ۱۹۹۹ یکی از علل تجمع فلزات سنگین در ماهیان گوشتخوار پلاژیک فعالیت شدید متابولیسمی می باشد. از آنجایی که فلزات سنگین آلاینده های پایداری هستند، می‌توانند به واسطه ی بزرگنمایی زیستی به رده های بالاتر زنجیره های غذایی انتقال یابند(De Astudillo et al., 2005). Agso و همکاران نیز در ۲۰۰۵ با بررسی فلزات سنگین در ۱۲ گونه ی دریایی در چند نقطه از مالزی به این نتیجه رسیدند که غلظت فلزات سنگین در گونه هایی با رفتار تغذیه ای گوشتخواری بالاتر است.

کمترین میزان مس در عضله ماهیان پرورشی مورد نظر مربوط به فیتوفاگ بود داشت که با بیگ هد اختلاف معنادار($p<0.05$) و با کپور معمولی و آمور اختلاف معناداری($p\geq0.05$) نداشت. غلظت های متفاوت می تواند نتیجه ی نیازهای اکولوژیکی مختلف، متابولیسم و الگوهای تغذیه ای متفاوت باشد(Allen-Gil and Martynov, 1995). کمتربودن مقدار مس در فیتوفاگ می‌تواند به علت تغذیه‌ای این ماهی از فیتوپلانکتونها که پایین‌ترین سطح تغذیه می‌باشد.

مقایسه میزان مس در ماهیان مورد تحقیق با استانداردهای جهانی نشان می‌دهد که میزان مس در همه ی گونه های مورد نظر از مقدار مجاز ارائه شده توسط استانداردهای جهانی که در جدول۴ آمده است، کمتر بود.

جدول۴. مقایسه میزان مس در ماهیان مورد مطالعه با استانداردهای جهانی

استاندارد	مس(میلی گرم برکیلوگرم)	منبع
WHO_1	۳۰	WHO, 1996
$UK(MAFF)_2$	۲۰	MAFF, 1995
FAO_3	۱۰	Chen and Chen, 2001
$NHMRC_4$	۳۰	FAO, 1983
-	۰/۶۸-۰/۸۳	مطالعه حاضر

1- World Health Organization
2- Ministry of Agriculture, Fisheries & Food (UK)
3- National Health & Medical Research Council (Australia)
4- Food and Agriculture Organization

تمامی مقادیر *EWI* از میزان جذب قابل تحمل هفتگی (PTWI) ارائه‌شده در JECFA (/FAO WHO) برای مس که ۳۵۰ میکروگرم بر کیلوگرم در هفته می‌باشد، کمتر بود.

ارزیابی خطر *HQ* برای تمامی گونه‌های مورد تحقیق کمتر از ۰/۱ بوده و بدان معنا است که مصرف گونه‌های مورد بررسی برای مصرف‌کنندگان از لحاظ میزان مس هیچ خطری به دنبال ندارد. نکته‌ی قابل تأمل این است که میزان مصرف روزانه در مناطق مختلف جهان متفاوت است مثلاً در مالزی ۱۶۰ گرم در روز برای هر شخص (Agusa et al.,2007) و در هنگ کنک ۱۶۴ گرم در روز برای هر شخص می باشد (Cheung et al., 2008). میزان ارزیابی خطر در این مطالعه تنها برای نرخ مصرف ۳۰ گرم در روز و اشخاص بالغ با میانگین وزنی ۷۰ کیلوگرم صدق می‌کند و افزایش مصرف روزانه ماهی و یا پایین‌تر بودن وزن مصرف‌کنندگان (کودکان)، باعث بالارفتن مقدار شاخص خطر و احتمال به خطرانداختن سلامتی در مصرف کننده را در پی خواهد داشت. توانایی موجودات برای جذب، تجمع، برداشت یا سم‌زدایی فلزات سنگین بطور اساسی با هم متفاوت می‌باشد؛ گونه‌هایی که دارای مقادیر مشخصی از متالوتیونئین‌ها و لیزوزوم‌ها باشند می‌توانند سمیت این فلزات را از بین ببرند(Viarengo, 1989). بر اساس نتایج به دست آمده یکی از دلایل احتمالی نوسانات تجمع فلزات درگونه‌های مختلف ماهی را می‌توان به این امر نسبت داد. با این حال اگر محتوای فلزات سنگین زیاد باشد، سمیت آنها افزایش می‌یابد زیرا توانایی متالوتیونئینها و لیزوزومها برای از بین بردن اثر سمی آنها محدود است(Roesijadi,1994). از آنجایی که *HQ* مورد بررسی تابعی از غلظت مس در عضله آبزیان در این تحقیق می‌باشد علل متفاوت بودن آن در گونه‌های مورد تحقیق به همان دلایل متفاوت‌بودن تجمع مس در گونه‌های مختلف بر می‌گردد.

منابع فارسی:

۱.**حسینی، م.، میرغفاری، ن.، محبوبی صوفیانی، ن. و حسینی، و.، ۱۳۸۹.** بررسی میزان جیوه در سواحل جنوبی دریای خزر (استان مازندران) با استفاده از پایاننامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، (*Rutilus frisii kutum*) و ماهی سفید دریای خزر (*Liza aurata*) شاخص زیستی ماهی کفال طلایی دانشکده منابع طبیعی، ۷۹ ص.

۲. **روحانی، م.، ۱۳۷۴.** تشخیص، پیشگیری و درمان بیماری‌ها و مسمومیت‌های ماهی. انتشارات اداره کل آموزش و ترویج معاونت تکثیر و پرورش آبزیان شیلات ایران.۲۵۶ ص.

۳. **سالنامه‌ی آماری سازمان شیلات ایران.** ۱۳۹۲. سازمان شیلات ایران، معاونت برنامه‌ریزی و توسعه‌ی مدیریت، دفتر برنامه و بودجه، ۶۰ ص.

۴. **صادقی راد،م.؛ امینی رنجبر،غ.؛ ارشد،ع.و جوشیده،ه.، ۱۳۸۴.** بررسی میزان تجمع روی ومس در بافت عضله وخاویار تاسماهی ایرانی (*A.persicus*) و ازون برون (*A.sttlatus*) حوضه‌ی جنوبی دریای خزر. مجله علمی شیلات ایران . سال چهاردهم، شماره ۳، پائیز۱۳۸۴.ص :۱۰۰-۷۹.

۵. **عسکری ساری، ا.؛ خدادادی، م. و محمدی، م.، ۱۳۸۹.** میزان فلزات سنگین (Cd، Pb، Ni و Hg) در بافت‌های مختلف (عضله، آبشش و کبد) ماهی گطان (*Barbus xanthopterus*) رودخانه کارون. مجله علمی شیلات ایران، سال نوزدهم، شماره ۴، صفحات ۱۰۶-۹۷.

۶. **فرید پاک، ف. (۱۳۸۶).** دستورالعمل اجرایی تکثیر مصنوعی و پرورش ماهیان گرمابی، تهران: انتشارات علمی آبزیان، چاپ سوم. ۲۹۸ ص.

منابع انگلیسی:

7.**Allen-Gil, S. M., & Martynov, V. G. (1995)**. Heavy metals burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, northern Russia. The Science of the Total Environment, 160–161, 653–659.

8.**Ashraf, W. (2005).** Accumulation of heavy metals in kidney and heart tissues of Epinephelus Microdon fish from the Arabian Gulf. Environmental Monitoring And Assessment, 101, 311–316.

9.**Asuquo, F. E., Ogri, O. R., & Bassey, E. S. (1999).** Distribution of heavy metals and total hydrocarbons in coastal waters and sediments of cross River State, South Eastern Nigeria. International Journal of Tropical Environment, 2,229–242.

10.**Asuquo, F. E., Ewa-Oboho, I., Asuquo, E. F., & Udo, P. J. (2004)**. Fish species used as biomarker for heavy metal and hydrocarbon contamination for Cross river, igeria. The Environmentalist, 2, 29–37.

11.**Agusa T., Kunito T., Yasunaga G., Iwata H., Subramanian A., Ismail A. and Tanabe S. (2005)**. Concentrations of trace elements in marine fish and its risk assessment in Malaysia. Journal of Marine Pollution, 51:896 911.

12.**Agusa T., Kunito T., Sudaryanto A., Monirith I., Kan-Atireklap S., Iwata H., Ismail A., Sanguansin J., Muchtar M., Tana T.S. & Tanabe S. (2007**). Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. Environ. Pollut. 145: 766–777. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j. envpol.2006.04.034

13.**Awadallah RM, Mohamed, A. E. And Gaber , S. A. (1985)**. Determination of trace elements in fish by instrumental neutron activation analysis[J] Radioanal Nucl Chem Lett, 95 (3), pp. 450-454.

14.**Bahnasawy, M., Khidr, A. and Dheina, N. (2009)**. Seasonal Variations of Heavy Metals Concentrations in Mullet, Mugil Cephalus and Liza Ramada (*Mugilidae*) from Lake Manzala, Egypt. Journal of Applied Sciences Research; 5:845-852.

15.**Bhunya, S.P. and Pati, C. P. (1987)**. Genotoxicity of an inorganic pesticide, copper sulphate, in a mouse in vivo test system. Cytologia. 52: p. 801-808.

16.**Biswas, S.P. (1991)**. Mannual of methods in fish biology, South Asian pub., PVT.Ltd., New Dehli.

17.**Canli, M., Ay, O., & Kalay, M. (1998)**. Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cr and Ni) in tissue of Cyprinus carpio, Barbus capito and Chondrostoma regium from the Seyhan river, Turkey. Turkish Journal of Zoology, 22, 149–157.
18.**Chen, C.Y. and Chen, H.M. (2001)**. Heavy metal concentrations in nine species in fishes caught in coastal waters off Ann- Ping, S. W. Taiwan. Journal of food and drug analysis; 9:107- 114.
19.**Cheung , K.C., Leung, H.M. & Wong M.H. (2008)**. Metal concentrations of common freshwater and marine fish from the Pearl River Delta, South China. Arch. Environ. Contam. Toxicol.54: 705–715. DOI: 10.1007/s00244-007-9064-7
20.**Chien LC, Hung TC, Choang KY, Choang KY, Yeh CY, Meng PJ, Shieh MJ, Han BC. (2002)**. Daily intake of TBT, Cu, Zn, Cd and As for fishermen in Taiwan. Sci Total Environ 285:177–185.
21.**Cinier, C. C., Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D., & Bouvet,Y. (1999**). Kinetics of cadmium accumulation and elimi-Water Air Soil Pollut 2008) 187:275–284 283 nation in carp Cyprinus carpio tissues. Comparative Biochemistry and Physiology Part C, 122, 345–352.
22.**Clark, R., Frid, C., & Attrill, M. (1997)**. Marine pollution (4thed.). New York: Oxford University Press.
23.**De Astudillo, L.R.; Yen I.C.; Berkele, I., (2005**). Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. Revista de Biologia Tropical, 53: 41–53.
24.**Eisler, R. (1988).** Zink hazards to fish, Wildlife and Invertebrates:A synoptic review. US Fish Wildlife Serv. Biol. Rep., 85.
25.**Erdogrul O. and Ates D.A. (2006)**. Determination of cadmium and copper in fish sample from Sir and Menzelet Dam Lake Kahramanmaras, Turkey. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, 117:281 290.
26.**Fahmy, M.A. (2000)**. Potential genotoxicity in copper sulfate treated mice. Cytologia. 65: p. 235-242.
27.**Farkas, A., Salanki, J. and Varanka, I. (2000)**. Heavy metal concentrations in fish of lake Balaton, Lakes and ReserVoirs : Research and management, Vol . 5, pp. 271 – 279.
28.**FAO,(1983)**. Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery products (Food and Agricultural Organization). FAO fishery circular, no. 464,pp. 5–100.
29. **FAO,(2013).** fishing and aquaculture year book. Rome.
30.Fernandez, L. G., & Olalla, H. Y. 2000. Toxicity and bioaccumulation of lead and cadmium in marine protozoan communities. Ecotoxicology and Environmental Safety, 47, 266–276. doi:10.1006/eesa.2000.
31.**Gwozdzinski, K., (1995).** Structural changes in erythrocyte components induced by copper and mercury. Radiat. Phys. Chem, 45(6): p. 877-882
32.**Has-Schön, E., Bogut, I., & Strelec, I. (2006)**. Heavy metal profile in five fish species included in human diet, domiciled in the end flow of river Neretva (Croatia). Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 50, 545–551.

33.**Henry, F., Amara, R., Courcot, L., Lacouture, D., & Bertho,M. L. (2004**). Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of North Sea. Environment International, 30, 675–683.
34.**JEFCA ,(2003)**. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Sixty-first meeting, Rome 10-19 June 2003. Summary and Conclusions, World Health Organization (WHO)/ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
35. **Krishnamurti ,A.J, Nair, VR. (1999)**. Concentration of metals in fishes from Thane and Bassein creeks of Bomloay, India. India J. Mar. Sci. 28: 39-44.
36.**Lemly A.D. (1996)**. Evaluation of the hazard quotient method for risk assessment of selenium. ecotox. Ecotoxicol. Environ. Safe.35: 156–162. DOI: http://dx.doi.org/10.1006/eesa.1996.0095
37.**MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food), (1995).** Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminant in the aquatic environment and activities regulating the disposal of water at sea. UK: Directorate of Fisheries Research,Lowesttoft.
38.**McDonald, D. D., Ingersoll, C. G. and Berger, T. A. (2000).** Development and evaluation of consensusbased sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Arch Environ Contam Toxicol, 39. 20-31.
39.**MOOPAM. (1999)**. Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods, ROPME, Kuwait.
40.**Olsson, P.E.(1998**). Disordes associated with heavy metal pollution. In: fish diseassand disorder(vol.2).Noninfectious disorders. Leather land, j.F; Woo P.T.K.(Eds) -CAB International publishing. Oxford, England.386pp.
41.**Rashed,M. N. (2001)**. Monitoring of environmental heavy metals in fish from Nasser Lake. Environment International, 27,27–33.
42.Rietzler AC, Fonseca AL, Lopes GP. 2001. Heavy metals in tributaries of Pampulha reservoir, Minas Gerais. Brazilian J Biol 61:363–370.
43.**Roesijadi, G.(1994)**. Behaviour of metallothionein-bound metals in a natunal population of an estuarine mollusc, Marin Environmental Research, 38 .147.
44.**Shao D., Liang P., Kang Y., Wang H., Cheng Z., Wu S., Shi J., Lo S.C. L., Wang W. & Wong M.H. (2011)**. Mercury species of sediment and fish in freshwater fish ponds around the Pearl River Delta, PR China: Human health risk assessment. Chemosphere 83: 443–448. PMID: 21272914.
45.**Srinivasan M, Swain GW. (2007**). Managing the use of copper-based antifouling paints. Environ Manage 39:423–441.
46. **Stouthart X.X., Hans J.M., Lock R.C. and Wendelaar, S.E. (1996).** Effects of water pH on copper toxicity to early life stages of the common carp (*Cyprinus carpio*).Environmental Toxicology and Chemistry,. 15(3): p. 376–383.
47.U**nited Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2007)**. World opulation Prospects: The 2006 Revision, Highlights, Working Paper No. ESA/P/WP.202.
48.**USEPA (United States Environmental Protection Agency), (2000)**. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories: Volume 1,

Fish Sampling and Analysis 3rd Edition, Office of Science and Technology of Water, Washington, DC EPA 823-B-00-007: 1-200

49. **USEPA, 2009.** Risk-based Concentration Table Environmental Protection Agency, Philadelphia PA, Washington, DC
50. **Viarengo, A. (1989**). Heavy metals in marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level, Reviewes Aquatic Science 1.
51. **Yilmaz, A. B. (2003**). Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr,Pb, and Zn) in tissue of *Mugil cephalus* and Trachurus mediterraneus from Iskenderun Bay, Turkey. Environmental Research, 92, 277–281.
52. **Wang X, Santo T, Xing B, Tao S. (2005**). Health risk of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetable and fish. Science of the Total Environment350:28-37.
53. **WHO (World Health Organization), (1996**). Health criteria other supporting information. In: Guidelines for Drinking Water Quality, vol. 2, 2nd ed., pp. 31-388), Geneva.